

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2001-119204

(43)Date of publication of application : 27.04.2001

(51)Int.Cl.

H01P 1/18

H01Q 3/36

(21)Application number : 11-298067

(71)Applicant : DX ANTENNA CO LTD

(22)Date of filing : 20.10.1999

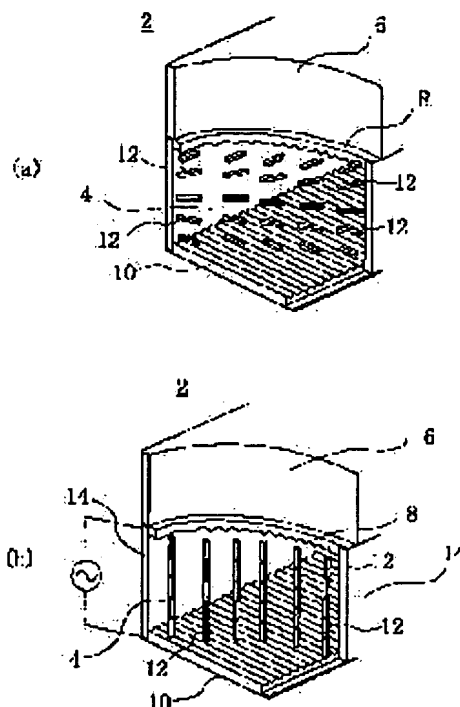
(72)Inventor : MATSUI GIICHI

(54) PHASE SHIFTER

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a phase shifter with a simple configuration at a relatively low cost.

SOLUTION: This phase shifter 2 has a liquid crystal panel 4. The panel 4 is obtained by inserting a plurality of liquid crystal molecules 12 between two alignment layers 8 and 10 having different directions. A dielectric plate 6 overlapped on the panel 4 is overlapped and arranged so as to position the plate 6 on the side of the layer 8 of the liquid crystal panel. A voltage supplying means selectively changing the part between the two layers 8 and 10 of the liquid crystal panel to an electric field applied state or an electric field non- applied state is arranged. When the electric field is not applied, the molecules 12 are not aligned, but when the electric field is applied, the molecules 12 are aligned. As a result, the dielectric constant of the panel 12 is changed. The synthetic dielectric constant of the panel 4 and the plate 6 is changed according to the applied state and non-applied states of the electric field and can be used as a phase shifter.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(51) Int. Cl. ⁷	識別記号	F I	ターマコード (参考)
H01P 1/18		H01P 1/18	5J012
H01Q 3/36		H01Q 3/36	5J021

審査請求 未請求 請求項の数 5 O L (全6頁)

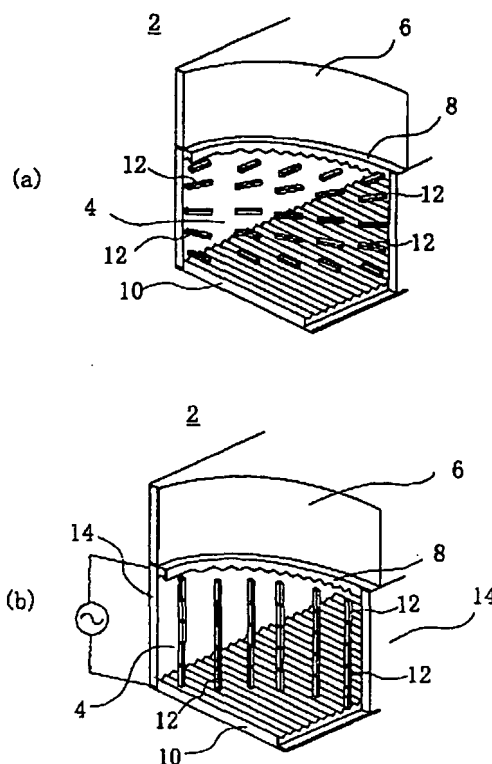
(21) 出願番号	特願平11-298067	(71) 出願人	000109668 ダイエツクスアンテナ株式会社 兵庫県神戸市兵庫区浜崎通2番15号
(22) 出願日	平成11年10月20日 (1999.10.20)	(72) 発明者	松井 宜一 兵庫県神戸市兵庫区浜崎通2番15号 ダイ エツクスアンテナ株式会社内
		(74) 代理人	100062993 弁理士 田中 浩 (外2名)
		Fターム(参考)	5J012 GA12 5J021 FA06

(54) 【発明の名称】 位相器

(57) 【要約】

【課題】 比較的安価で、かつ構成が簡単な位相器を提供する

【解決手段】 位相器2は、液晶パネル4を有している。液晶パネル4は、方向が異なる2つの配向膜8、10間に複数の液晶分子12を挟んだものである。液晶パネル4に重ねて誘電体板6が、液晶パネルの配向膜8側に誘電体板6が位置するように重ねて配置されている。液晶パネルの2つの配向膜8、10間を、電界印加状態または電界非印加状態に選択的に変更する電圧供給手段が設けられている。電界が印加されていない状態では、液晶分子12の配列は揃っていないが、電圧が印加された状態では、液晶分子12の配列が揃う。その結果、液晶パネル12の比誘電率が変化する。液晶パネル4と誘電体板6の合成比誘電率は、電界の印加状態及び非印加状態に従って変化し、位相器として使用できる。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 方向が異なる 2 つの配向膜間に複数の液晶分子を挟んだ液晶パネルと、この液晶パネルの 2 つの配向膜のうち一方側に位置するように重ねて配置された誘電体板と、前記液晶パネルの 2 つの配向膜間を、電界印加状態または電界非印加状態に選択的に変更する電圧供給手段とを、具備する位相器。

【請求項 2】 請求項 1 記載の位相器において、前記液晶パネルまたは誘電体板と重ねて配置された信号伝送手段を有する位相器。

【請求項 3】 請求項 2 記載の位相器において、前記電圧供給手段による電界印加を、前記 2 つの配向膜のうち前記信号伝送手段とは離れた位置にある配向膜と、前記信号伝送手段との間に電圧を供給することによって行う位相器。

【請求項 4】 地導体と、この地導体の一方の面側に配置された誘電体板と、この誘電体板の他方の面側に一方の配向膜が配置されている液晶パネルと、この液晶パネルの他方の配向膜側に配置されているマイクロストリップラインと、前記 2 つの配向膜間を電界印加状態または電界非印加状態に選択的に変更する電圧供給手段とを、具備する位相器。

【請求項 5】 地導体と、マイクロストリップラインとを具備する信号伝送手段と、前記地導体とマイクロストリップラインとの間に、前記マイクロストリップライン側に配置された誘電体板と、前記地導体とマイクロストリップラインとの間における前記地導体側に配置された液晶パネルと、前記液晶パネルが備える 2 つの配向膜間を電界印加状態または電界非印加状態に選択的に変更する電圧供給手段とを、具備し、前記誘電体板の比誘電率を前記液晶パネルの比誘電率よりも低く選択してある位相器。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、位相器に関し、特に液晶パネルを使用した位相器に関する。

【0002】

【従来の技術】位相器は、アンテナと共に使用されることがある。その例としては、例えばフェーズドアレイアンテナがある。SHF 帯以上の周波数において使用される位相器としては、導波管内にフェライトを装荷したラッチングフェライト位相器があり、マイクロストリップラインを使用したものでは、ラットレース形、ハイブリッド形、ライン切換形等がある。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】しかし、導波管を用いた位相器では、その構成が大きくなり、フェーズドアレ

イアンテナに使用した場合、その位相を自動制御することが困難である。さらに、高コストである。また、マイクロストリップラインを使用したものでは、PIN ダイオードが必要であるが、使用周波数が高くなるにつれて、使用できる PIN ダイオードが高価なものとなる。

【0004】本発明は、比較的安価で、かつ構成が簡単な位相器を提供することを目的とする。

【0005】

【課題を解決するための手段】本発明による位相器は、液晶パネルを有している。この液晶パネルは、方向が異なる 2 つの配向膜間に複数の液晶分子を挟んだものである。配向膜の配列方向は、様々なものがあり、そのうちの 1 つが使用されている。この液晶パネルに重ねて誘電体板が配置されている。例えば液晶パネルの 2 つの配向膜のうち一方側に誘電体板が位置するように重ねて配置されている。液晶パネルの 2 つの配向膜間を、電界印加状態または電界非印加状態に選択的に変更する電圧供給手段が設けられている。液晶パネルは、1 つだけ設けることもできるし、複数個重ねて設けることもできる。同様に誘電体板も 1 つだけ設けることもできるし、複数枚を重ねて設けることもできる。

【0006】液晶パネルの 2 つの配向膜間に電界を印加していない状態では、液晶分子はねじれて配列されている。この状態では、配向膜の面に平行な各面に投影した液晶分子の面積が総面積の大きな部分を占める。このとき、配向膜の面に垂直な方向から測定した比誘電率が大きい。一方、2 つの配向膜間に電界を印加した状態では、2 つの配向膜間の液晶分子は、その長軸が 2 つの配向膜方向を、即ち電界方向を向く。このとき、配向膜の面に垂直な面から測定した比誘電率は小さくなる。従って、上述したように 2 つの配向膜の一方側に誘電体板が位置する場合、電界を印加していない状態では、配向膜の面に垂直な方向には、誘電体板と比誘電率が大きい状態の液晶パネルとが存在するので、この方向において測定した両者の比誘電率は非常に大きい。一方、電界を印加した状態では、配向膜の面に垂直な方向において測定した場合、誘電体板の比誘電率が大きなウェイトをしめるので、両者の比誘電率は小さい。即ち、電界の印加または非印加に応じて、両者の比誘電率が変化する。従って、誘電体板または液晶パネルに沿って進行する信号、例えば SHF 帯以上の信号の位相が、電界の印加または非印加に応じて変化する、位相器として使用することができる。

【0007】上記の位相器は、前記液晶パネルまたは誘電体板と重ねて配置された信号伝送手段を有するものことができる。例えば液晶パネルにおける誘電体板と反対側にある配向膜に接して信号伝送手段を設けることもできるし、誘電体板の液晶パネルと反対側の面に接して信号伝送手段を設けることもできる。信号伝送手段が液晶パネルや誘電体板と比較して長い長さを有する場合、その信

号伝送手段の一部に上記の位相器を設けることができる。信号伝送手段としては、例えば上記誘電体板とは別の誘電体板の一方の面に地導体を有し、この一方の面と平行な他方の面にマイクロストリップラインを有するものを使用することができる。

【0008】この位相器では、上述したように、電圧供給手段によって、この位相器の比誘電率を調整することができ、この位相器の液晶パネルまたは誘電体板に重ねて信号伝送手段が設けられているので、信号伝送手段を伝送される信号の位相を変更することができる。

【0009】この信号伝送手段付き位相器では、前記2つの配向膜のうち前記信号伝送手段とは離れた位置にある配向膜と、前記信号伝送手段との間に電圧を供給することによって、電圧供給手段による電界印加を行うことができる。例えば、信号伝送手段が、上述したように誘電体板とマイクロストリップラインとからなる場合、誘電体板及びマイクロストリップラインのいずれかと、信号伝送手段から離れた位置にある配向膜との間に電圧を供給することができる。この場合、2つの配向膜間に直接に電圧を印加する必要はなく、液晶パネルと、誘電体板と、信号伝送手段との配置の関係上、2つの配向膜間に直接に電圧を供給することができない場合にも適用することができる。

【0010】本発明による位相器の他の態様は、地導体を有している。この地導体は、対向する2つの面を有し、この地導体の一方の面側に誘電体板が配置されている。この誘電体板の他方の面側に液晶パネルが配置されている。その配置は、一方の配向膜が誘電体板の他方の面側に位置するように行われている。この液晶パネルは、上記配向膜と対向して配置された他方の配向膜を有している。この他方の配向膜は、一方の配向膜とは配向方向が異なっている。この他方の配向膜側にマイクロストリップラインが配置されている。このマイクロストリップラインは、上記地導体と共に信号伝送手段を構成している。2つの配向膜間を電界印加状態または電界非印加状態に選択的に変更する電圧供給手段が設けられている。この電圧供給手段は、2つの配向膜間に直接に電圧を供給することもできるし、或いは2つの配向膜間に直接に電圧を印加しなくてもよい。

【0011】なお、信号伝送手段を構成するために、上記誘電体板とは別に誘電体板を設け、その一方の面に地導体を設け、他方の面側に上記誘電体板を配置することもできる。

【0012】或いは、地導体と共に信号伝送手段を形成するために、液晶パネルの他方の配向膜上に薄い誘電体フィルムを形成し、その上にマイクロストリップラインを配置することもできる。

【0013】このように構成すると、マイクロストリップラインと前記誘電体板との間に、前記液晶パネルが配置されているので、マイクロストリップラインに直接に

誘電体板の誘電率が影響を与えない。従って、誘電体として比誘電率の高いものでも、低いものでも使用することができる。

【0014】本発明の別の態様の位相器は、地導体と、マイクロストリップラインとを具備する信号伝送手段とを備えている。地導体とマイクロストリップラインとの間に、前記マイクロストリップライン側に誘電体板が配置されている。地導体とマイクロストリップラインとの間における前記地導体側に液晶パネルが配置されてい

る。液晶パネルが備える2つの配向膜間を電界印加状態または電界非印加状態に選択的に変更する電圧供給手段が設けられている。前記誘電体板の比誘電率は、前記液晶パネルの比誘電率よりも低く選択してある。

【0015】地導体は、前記誘電体板とは異なる誘電体板の一方の面側に形成され、この誘電体板の他方の面側に液晶パネルを配置することができる。

【0016】マイクロストリップラインは、前記誘電体板上に直接に形成することもできるし、或いはフィルム状の誘電体上に形成し、このフィルム状誘電体を前記誘電体板上に配置することもできる。

【0017】このように構成すると、誘電体板に比誘電率の小さなものを使用しているので、マイクロストリップラインに誘電体板を接近して配置することができる。

【0018】

【発明の実施の形態】本発明の第1の実施の形態である位相器2は、図1(a)、(b)に示すように、液晶パネル4と誘電体板6とを備えている。

【0019】液晶パネル4は、2つの配向膜8、10を有している。配向膜8、10は、一定の間隔をおいて対向して配置され、その配列方向が異なっている。例えば図1(a)、(b)では、90度異なっている。なお、配向膜8、10の配列方向の相違は、90度以外に、180度乃至270度とすることもできる。この配向膜8、10間に多数の液晶分子12が挟み込まれている。

【0020】上述した配向膜8、10の配列方向の相違によって、配向膜8、10間に電界が印加されていない状態では、図1(a)に示すように、配向膜8、10間の液晶分子12は、配向膜8側と配向膜10側とは90度ねじれている。また、図1(b)に示すように、配向膜8、10間に電界を印加した状態では、各液晶分子12は、その長軸方向が配向膜8、10方向を向くように、向きを揃える。

【0021】なお、図1(a)、(b)では、液晶分子12の形状や大きさは誇張して描いてある。また、液晶分子12の密度も大幅に減少させて描いてある。符号14で示したものは、スペーサで、配向膜8、10間に配置されている。

【0022】図2(a)は、例えば、液晶分子が180度捻られるように配向膜8、10が作成された場合であって、配向膜8、10間に電界が印加されていない状態

において、配向膜10側から配向膜8側を見た状態を示す。図2(a)から明らかなように、電界を印加していない状態では、配向膜8、10間に、配向膜8から10に向かう方向にある各列の液晶分子12は、配向膜8、10に平行な面内において円形に配列されている。その結果、配向膜8、10の面に平行な面内において液晶分子12が占める面積は、例えば約78.5パーセントになる。

【0023】図2(b)は、同じく液晶分子が180度捻られるように配向膜8、10が作成された場合であって、配向膜8、10間に電界が印加されている状態において、配向膜10側から配向膜8側を見た状態を示す。図2(b)から明らかなように、電界を印加した状態では、配向膜8、10間に配向膜8から10に向かう方向にある各列の液晶分子12は、その長軸方向が配向膜8、10方向を向いている。その結果、例えば配向膜8、10の面に平行な面内において、液晶分子が占める面積は、小さくなる。従って、配向膜8、10間で測定した比誘電率は、電界非印加状態と比較して、小さくなる。

【0024】液晶分子12のねじれが180度以外の場合でも、同様に、電界の非印加状態では、電界の印加状態と比較して比誘電率が高くなる。

【0025】このような液晶パネル4における2つの配向膜8、10の一方、例えば配向膜8の上に、配向膜8と接するように誘電体板6が配置されている。この誘電体板6は、配向膜8の全面に接触している。

【0026】そして、適当な電圧供給手段、例えば開閉スイッチを介して配向膜8、10間に電源を接続し、開閉スイッチを開閉することによって、配向膜8、10間に電界を印加した状態と、印加していない状態とのいずれかを選択する。電界の非印加状態では、配向膜10側から誘電体板6を見た比誘電率は、誘電体板6の比誘電率と大きな値の液晶パネル4の比誘電率とを合成したものとなる。一方、電界の印加状態では、配向膜10側から誘電体板6を見た比誘電率は、誘電体板6の比誘電率と小さな値となっている液晶パネル4の比誘電率とを合成したものであり、実質的に誘電体板6の比誘電率が支配的になる。従って、開閉スイッチの開閉によって、この位相器2の比誘電率を変化させることができるので、誘電体板6または液晶パネル4に沿って伝搬する信号、例えばSHF帯以上の信号の位相を変化させることができる。なお、誘電体板6と液晶パネル4との比誘電率は、誘電体板6の比誘電率が、液晶パネル4の最大比誘電率よりも大きくすることもできるし、小さくすることもできる。

【0027】図3に、上述した位相器2に信号伝送手段16を設けた位相器の第1の例が示されている。この信号伝送手段16は、例えば誘電体製の矩形状の基板18を有している。この基板18は、対向する2つの表面を

有し、その一方の面全域に地導体20が形成されている。この基板18の他方の面にマイクロストリップライン22が基板18の長さ方向に沿って形成されている。このマイクロストリップライン22としては、直線型のものを使用している。この信号伝送手段16によって、例えば衛星放送または衛星通信受信コンバータから出力されたSHF帯の衛星放送または衛星通信中間周波信号が伝送される。

【0028】このマイクロストリップライン22の上に、スペーサ24が、マイクロストリップライン22の両側に配置されている。このスペーサ24の上に、上述した位相器2が配置されている。この配置は、液晶パネル4の配向膜10がスペーサ24側に位置し、配向膜8上にこれに接して誘電体板6が配置されている。また、マイクロストリップライン22または地導体20と配向膜8との間に電圧を供給または非供給状態とするために、接続ケーブル26が設けられている。なお、基板18及びマイクロストリップライン22の長さ寸法を位相器2の長さ寸法よりもかなり長くし、この長いマイクロストリップライン22の一部の上部に位相器2を設けてもよい。

【0029】この場合、液晶パネル4が誘電体板6と信号伝送手段16との間に介在しているので、誘電体板6の誘電率が直接に信号伝送手段16に影響しない。従って、液晶パネル4側の最大比誘電率が誘電体板6の比誘電率よりも相対的に大きくすることもできるし、逆に小さくすることもできる。

【0030】この信号伝送手段16によって信号、例えばSHF帯以上の信号を伝送する場合、液晶パネル4の比誘電率が誘電体板6よりも相対的に高いと、電圧供給状態では、電圧非供給状態と比較して、マイクロストリップライン22から位相器2を見た比誘電率は低くなり、マイクロストリップライン22上の電波の波長は長くなる。その結果、この信号伝送手段16からの出力信号の位相が遅れる。逆に液晶パネル4の比誘電率が誘電体板6の比誘電率よりも相対的に低い場合、電圧供給状態では、電圧非供給状態と比較して、マイクロストリップライン22から見た位相器2の比誘電率は高くなり、マイクロストリップライン22上での波長は短くなる。従って、信号伝送手段16からの出力信号の位相は進む。

【0031】図4に、上述した位相器2に信号伝送手段を設けたものの第2の例が示されている。この信号伝送手段付きの位相器では、信号伝送手段を構成する地導体20とマイクロストリップライン22との間に、位相器2が配置されている。誘電体板6の一方の面の全域に地導体20が形成されている。誘電体板6の他方の面に液晶パネル4の配向膜10が接触するように、液晶パネル4が配置されている。この液晶パネル4の配向膜8側に、マイクロストリップライン22が配置されている。

このマイクロストリップライン 22 は、図示していないが、薄いフィルム状の誘電体膜、例えばフィルム基板上に形成されており、この基板が液晶パネル 4 の配向膜 8 に接触するように、配向膜 8 上に配置されている。接続ケーブル 26 は、マイクロストリップライン 22 と、配向膜 10 または地導体 20 との間を、電圧供給状態及び電圧非供給状態のうち選択されたものとするために設けられている。

【0032】この信号伝送手段付き位相器でも、液晶パネル 4 が誘電体板 6 と信号伝送手段との間に介在している 10 のので、誘電体板 6 の誘電率が直接に信号伝送手段に影響しない。従って、液晶パネル 4 側の最大比誘電率が誘電体板 6 の比誘電率よりも相対的に大きくすることもできるし、逆に小さくすることもできる。

【0033】この第 2 の例でも、第 1 の例と同様に、液晶パネル 4 の最高比誘電率が誘電体板 6 の比誘電率よりも相対的に高いと、電圧供給状態において信号伝送手段を伝送される信号の出力の位相は遅れ、液晶パネル 4 の最高比誘電率が誘電体板 6 の比誘電率よりも相対的に低いと、電圧供給状態において信号伝送手段 16 を伝送さ 20 れる信号の出力の位相は進む。

【0034】図 5 に、上述した位相器 2 に信号伝送手段を設けたものの第 3 の例を示す。この第 3 の例は、第 1 の例と比較して、誘電体板 6 と液晶パネル 4 の位置が入れ替えられているものである。即ち、基板 18 の一方の面全域に地導体 20 が形成され、他方の面側にマイクロストリップライン 22 が形成されている。このマイクロストリップライン 20 に接触してスペーサ 24 が配置されている。このスペーサ 24 におけるマイクロストリップライン 20 と反対側の面に接して誘電体板 6 が配置さ 30 れている。この誘電体板 6 におけるスペーサ 24 とは反対側の面に、液晶パネル 4 の配向膜 10 が位置するように、液晶パネル 4 が配置されている。即ち、この位相器では、誘電体板 6 がマイクロストリップライン 22 側に位置している。地導体 20 またはマイクロストリップライン 22 と、液晶パネル 2 の配向膜 8 との間に電圧を供給するように、接続ケーブル 26 が設けられている。

【0035】第 3 の例では、上述したように誘電体板 6 がマイクロストリップライン 22 に接近して配置されているので、誘電体板 6 の比誘電率を液晶パネル 4 の比誘電率よりも高くすると、誘電体板 6 の高い比誘電率が支配的となり、液晶パネル 4 の比誘電率を変化させても無意味である。そこで、この場合、誘電体板 6 の比誘電率は、液晶パネル 4 の比誘電率よりも相対的に小さくされている。

【0036】この構成では、電圧供給状態では、電圧非供給状態と比較して、マイクロストリップライン 22 から見た位相器 2 の比誘電率は低くなり、マイクロストリップライン 22 上での波長は長くなり、マイクロストリップライン 22 上の出力信号の位相は、遅れる。

【0037】図 6 に、上述した位相器 2 に信号伝送手段を設けたものの第 4 の例を示す。この第 4 例の例は、第 2 の例において、液晶パネル 4 と誘電体板 6 の位置を入れ替えたものである。即ち、液晶パネル 4 の配向膜 10 側に地導体 22 を設け、配向膜 8 側に誘電体板 6 が配置されている。この誘電体板 6 の液晶パネル 4 と反対側の面にマイクロストリップライン 22 が形成されている。このマイクロストリップライン 22 は、薄いフィルム状の誘電体板の上に形成され、このフィルム状の誘電体が誘電体板 6 上に配置されている。第 4 の例でも、誘電体板 6 とマイクロストリップライン 22 とが接近しているので、誘電体板 6 の比誘電率は、液晶パネル 4 の比誘電率よりも相対的に小さくされている。

【0038】この構成でも、第 3 の例と同様に、電圧供給時には、電圧非供給時と比較して信号伝送手段の出力信号の位相が遅れる。

【0039】上記の実施の形態では、信号伝送手段のマイクロストリップラインとして、直線型のものを使用した 35 が、これ以外にクランクライン型またはメアンダライン型のマイクロストリップラインを使用することもできる。これらのマイクロストリップラインを使用した場合、直線型と比較して線路長が長くなるので、位相の変化量が大きくなる。

【0040】また、上述した第 1 及び第 3 の例の位相器では、スペーサ 24 を設けたが、スペーサを省略することもできる。

【0041】

【発明の効果】以上のように、本発明では、液晶パネルを用い、これに電界を印加するか否かによって生じる液晶パネルの比誘電率の変化を利用して位相器を構成している 40 のので、導波管や PIN ダイオードが不要であり、安価でかつ簡単な構成の位相器を実現できる。さらに、信号伝送手段、例えばマイクロストリップラインと、誘電体と、液晶パネルが上下方向に順不同に重ねて、液晶パネルへの電界の印加状態を変化させることによって、マイクロストリップラインを伝送される信号の位相を容易に調整することができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明の 1 実施の形態の位相器に電界を印加した状態と電界を印加していない状態とを示す部分破断斜視図である。

【図 2】図 1 の位相器において電界を印加した状態と電界を印加していない状態での液晶分子の配列を示す図である。

【図 3】図 1 に示す位相器に信号伝送手段を設けた第 1 の例を示す斜視図である。

【図 4】図 1 に示す位相器に信号伝送手段を設けた第 2 の例を示す斜視図である。

【図 5】図 1 に示す位相器に信号伝送手段を設けた第 3 の例を示す斜視図である。

【図 6】 図 1 に示す位相器に信号伝送手段を設けた第 4 の例を示す斜視図である。

【符号の説明】

2 位相器

4 液晶パネル

6 誘電体板

8 10 配向膜

12 液晶分子

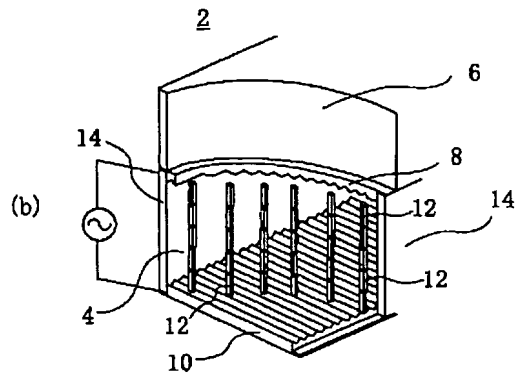
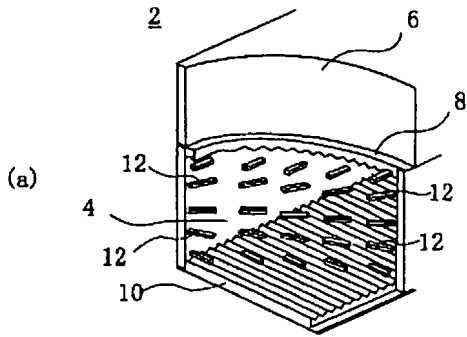
16 信号伝送手段

18 基板

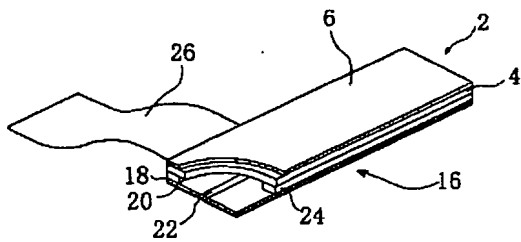
20 地導体

22 マイクロストリップライン

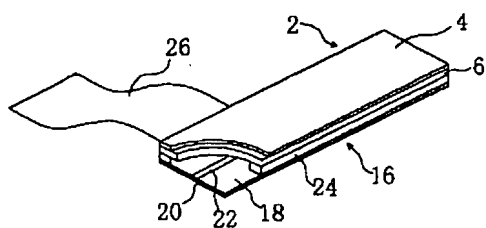
【図 1】



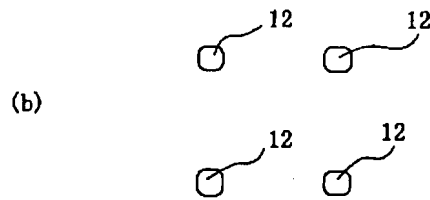
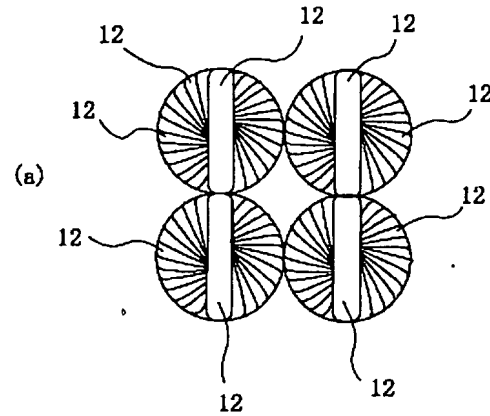
【図 3】



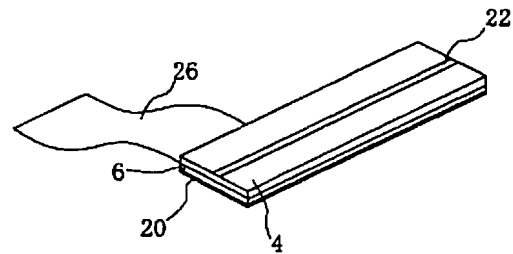
【図 5】



【図 2】



【図 4】



【図 6】

